

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

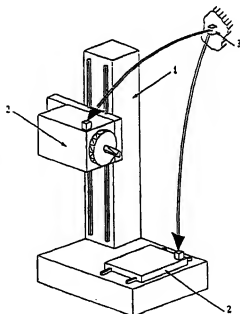
(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G05B 19/040</b>	<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/28797</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. Juni 1999 (10.06.99)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/06734</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 23. Oktober 1998 (23.10.98)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 197 52 290.4 26. November 1997 (26.11.97) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): HÜLER HILLE GMBH [DE/DE]; Schwieberdinger Strasse 80, D-71636 Ludwigsburg (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HORN, Wolfgang [DE/DE]; Pommernweg 24, D-74385 Pleidelsheim (DE). REI- BETANZ, Thomas [DE/DE]; Erlenweg 13/1, D-71711 Murr (DE). SCHMID, Martin [DE/DE]; Länge Strasse 59, D-71640 Ludwigsburg (DE). STENGEL, Gerald [DE/DE]; Friedhofstrasse 2, D-76327 Pfünz (DE).</p> <p>(74) Anwalt: DAHLKAMP, Heinrich-L.; Am Thyssenhaus 1, D-45128 Essen (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>	

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE POSITION AND/OR ORIENTATION OF INTERACTING MACHINE UNITS(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG VON LAGE UND/ODER ORIENTIERUNG ZUSAMMENWIRKENDER MASCHINENEINHEITEN(57) **Abstract**

The invention relates to a method for measuring the position and/or orientation of interacting machine units in measuring machines, handling devices or especially tools, spindles and workpieces in machine tools. At least one machine unit can move in relation to another and at least the positions of the machine units can be corrected. The invention is characterised in that each machine unit comprises sensors which measure at least two variables (distance, angle, orientation) or a variation thereof, and the planar or spatial position and/or orientation of said machine units in relation to each other or in relation to a common reference system or different reference systems is measured simultaneously or substantially simultaneously, continuously or at regular intervals that are as short as possible, independently of the drive axes of said machine units and without placing the sensors or machine units in a special measuring position.

(57) **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung von Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten an Meßmaschinen, Handlungseinrichtungen oder insbesondere Werkzeugen, Spindeln und Werkstücken an Werkzeugmaschinen, wobei mindestens eine Maschineneinheit relativ zu einer anderen bewegbar ist und gegebenenfalls Positionen der Maschineneinheiten korrigiert werden. Die Erfindung besteht darin, daß bei jeder Maschineneinheit mittels Sensoren, die mindestens zwei der Größen: Abstand, Raumwinkel, Orientierung oder eine ihrer Änderungsgrößen messen, gleichzeitig oder im wesentlichen gleichzeitig, kontinuierlich oder in möglichst kurzen regelmäßigen Abständen, unabhängig von den Antriebsachsen der Maschineneinheiten und ohne die Sensoren oder die Maschineneinheiten in eine spezielle Meßposition zu verfahren, die ebene oder räumliche Lage und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zueinander oder der Maschineneinheiten zu einem gemeinsamen Bezugssystem oder der Maschineneinheiten zu verschiedenen Bezugssystemen gemessen wird.



# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SS	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	VU	Vanuatua
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## **Verfahren und Vorrichtung zur Messung von Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten**

5

### **Beschreibung:**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung von Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten gemäß Oberbegriff der Ansprüche 1 und 9.

10

Unter Maschineneinheiten werden nachfolgend nicht nur bei Werkzeugmaschinen die Werkzeuge und Werkstücke mit ihren entsprechenden Halterungen, insbesondere Arbeitsspindeln und Werkzeugtischen verstanden. Es kann sich auch allgemein um

15 Operationseinheiten, z.B. auch um Handlings- und Meßeinheiten handeln, deren Lage und/oder Orientierung im Vergleich zu einer zweiten Einheit, z.B. zu einer zu bearbeitenden Baugruppe, exakt gemessen werden muss.

20

Bei der Bestimmung von Lage und / oder Orientierung eines Körpers („Meßobjekt“) in der Ebene oder im Raum lassen sich die folgenden an sich bekannten Messaufgaben unterscheiden:

### **Messungen in der Ebene:**

25

- Position in der Ebene (z.B.  $X / Y$  im kartesischen Koordinatensystem )
- Orientierung in der Ebene um eine Drehachse
- Position und Orientierung in der Ebene.

### **Messungen im Raum:**

30

- Position im Raum (z.B.  $X / Y / Z$  im kartesischen Koordinatensystem )
- Orientierung im Raum um 1 bis 3 Drehachsen

- Position und Orientierung im Raum um 1 bis 3 Drehachsen.

Bei einer Werkzeugmaschine gehört es z.B. zum Stand der Technik, dass die Bewegungen des Werkzeughalters mit dem Werkzeug in X-, Y- und Z-  
5 Richtung durch serielle Wegmeßsysteme z.B. mit Hilfe von Maßstäben erfaßt werden. In ähnlicher Weise kann auch die Bewegung des Werkstückhalters mit dem darauf oder daran befestigten Werkstück erfaßt und kontrolliert werden. Bekannt ist es auch, Drehungen von Maschineneinheiten über Winkelmeßeinrichtungen zu erfassen und zu  
10 regeln. Bei diesen bekannten Systemen besteht das Problem, daß thermische, statische oder dynamische Einflüsse auf die Maschinenstruktur nicht oder nur teilweise erfaßt werden und es insofern zu Fehlern bei der Messung und Bearbeitung der Werkstücke kommen kann.

15 Aus der DE 34 45 254 A1 ist eine Verstelleinrichtung für nebeneinander angeordnete und in gegenseitigem Abstand einachsrig verfahrbare Bearbeitungseinheiten bekannt, wobei zur Erfassung des Abstandes der einzelnen Bearbeitungseinheiten eine nach dem Triangulationsmeßprinzip  
20 arbeitende, stationär neben den Einheiten angeordnete Distanzmeßeinrichtung dient. Hierbei sind in deren praktisch parallelen Lichtstrahl selektiv Reflektoren der einzelnen Bearbeitungseinheiten einführbar und der Auftreffpunkt des auf alle Reflektoren unter dem gleichen Einfallswinkel auftreffenden Lichtstrahls wird von einer Meßoptik  
25 abgebildet. Die Lage des abgebildeten Auftreffpunktes ist dabei ein Maß für die Distanz und soll für die Verstellung der Bearbeitungseinheit in die gewünschte Position verwendet werden. Dieses Meß- und Verstellsystem erfaßt aber nur Lageänderungen in einer Richtung.

30 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren vorzuschlagen, bei dem auf einfache Weise eine Messung der

Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten erfolgt, sodass thermische, statische oder dynamische Einflüsse auf die Maschinenstruktur, insbesondere Verformungen ganz oder teilweise zum Zwecke einer Kompensation erfaßt werden und auf die konventionellen Meßmethoden weitgehend verzichtet werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe ist in den Ansprüchen 1 und 9 angegeben. Die Unteransprüche 2 bis 8 sowie 10 und 11 enthalten sinnvolle ergänzende Vorschläge.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können verschiedene Sensoren in unterschiedlichen Kombinationen angewandt werden. Wichtig ist hierbei aber, daß die Sensoren parallel wirken und unabhängig von den Antriebsachsen der Maschineneinheiten kontinuierlich oder in möglichst kurzen Abständen regelmäßig messen, ohne dabei die Sensoren und/oder die Maschineneinheiten in einer speziellen Meßposition verfahren zu müssen. Die Sensoren messen dabei mindestens zwei der Größen Abstand, Raumwinkel, Orientierung oder eine ihrer Änderungsgrößen. Zu den Änderungsgrößen kann dabei zum Beispiel die Beschleunigung zählen. Vorgesehen sind also im wesentlichen geometrische oder kinematische Sensoren, nicht gemeint sind zum Beispiel an verschiedenen Stellen eines Maschinenständers angebrachte Temperaturfühler, mit denen Temperaturänderungen und damit indirekt auch in begrenztem Maße temperaturbedingte Längenänderungen gemessen werden können.

Vorzugsweise werden erfindungsgemäß soweit möglich berührungslos messende Sensoren verwendet. Die verschiedenen erfindungsgemäßen Meßvarianten sind in den Unteransprüchen näher beschrieben.

Die Sensoren in Verbindung mit der Art ihrer Anbringung bzw. Wirkung lassen sich in zwei Klassen unterteilen.

- In der ersten Klasse werten sie direkte Koordinaten oder Änderungen dieser Koordinaten bezüglich der benutzten Bezugssysteme aus.  
5 Darunter fallen zunächst die klassischen Meßsysteme (Längen- und Winkelmeßsysteme) sowie berührungslose Meßsysteme, wie z.B. Laserinterferometer, wenn sichergestellt ist, daß der im betrachteten kartesischen Koordinatensystem zu messende Freiheitsgrad stets mit der  
10 Meßachse identisch ist. Auch sog. Trägheitsmeßsysteme gehören in diese Klasse. Ist nämlich das betrachtete kartesische Koordinatensystem ein Inertialsystem, registrieren diese die Änderungen in den Koordinatenachsen direkt. Ein translatorisches Trägheitsmeßsystem ist z.B. ein Beschleunigungsaufnehmer, rotatorische Trägheitsmeßsysteme  
15 sind z.B. Kreisel oder Ringlaser.

- Bei Mitgliedern der zweiten Sensor-Wirkungs-Klasse werden die Eigenschaften von Punkt-zu-Punkt Beziehungen zwischen Punkten, deren Lage im benutzten Bezugssystem bekannt ist oder gemessen wird (=   
20 Punkte der Meßbasis) sowie Punkten, deren Lage in einem mit dem Meßobjekt bewegten Koordinatensystem bekannt ist oder gemessen wird (= Objektpunkte) ausgewertet. Solche Eigenschaften von Punkt-zu-Punkt Beziehungen sind z.B. Abstände zwischen den zwei Punkten sowie der oder die Raumwinkel der Verbindungslinie zwischen den zwei Punkten  
25 („Meßstrahlen“) im benutzten Bezugssystem. Zur Bestimmung von Abständen kommen z.B. Laser-Interferometer in Betracht, zur Bestimmung von Raumwinkeln entsprechende Geräte.

- Bei der Messung von Lage und/oder Orientierung eines Meßobjektes in  
30 der Ebene / im Raum werden bei Sensoren aus der zweiten Sensor-Wirkungs-Klasse üblicherweise mehrere Sensoren gleichzeitig

ausgewertet, um aus der Gesamtheit sämtlicher Messungen, teilweise unter Einbeziehung bereits bekannter Informationen betreffend die Anordnung der verschiedenen Sensoren und Punkte, die gewünschte Position und ggf. Orientierung zu bestimmen. Der Umstand, daß die

5 Messungen der einzelnen Sensoren aus der zweiten der o.g. Sensorklassen nicht mit den zu messenden Achsbewegungen übereinstimmen, sondern aus der Gesamtheit der Messungen sämtliche interessierenden Daten berechnet werden, wird als „parallel wirkende Sensoren“ bezeichnet. Im Bereich der Hexapod-Maschinen werden auf

10 der Basis von sechs nicht mit den Koordinatenachsen eines Bezugssystems zusammenfallenden Abstandsmessungen, die Lage und Orientierung von Arbeitsplattformen bestimmt, wobei die von den Sensoren gemessenen Freiheitsgrade stets mit den Antriebsachsen der Maschinen zusammenfallen. Die Anwendung solcher Meßprinzipien

15 unabhängig von den Maschinenachsen, z.B. mit berührungslosen Sensoren, stellt dagegen im Bereich des Maschinenbaus ein Novum dar.

Die Erfindung wird anhand der beigefügten Tabellen 1 bis 3 und der Figuren 1 bis 13 beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

20

Tabelle 1    Sensortypen

Tabelle 2    Symbole für weitere Sensortypen

Tabelle 3    Anwendungsformen paralleler Meßprinzipien

25    Figur 1    Positionsbestimmung aus 3 Abstandsmessungen

Figur 2    Positionsbestimmung aus 2 Abstands- und 1  
Raumwinkel-Messung

Figur 3    Positionsbestimmung aus 1 Abstands- und 2  
Raumwinkel-Messungen

30    Figur 4    Positionsbestimmung aus 3 Raumwinkel-Messungen

- („Triangulation“)
- Figur 5 die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 9  
Abstandsmessungen gem. Variante IIa).
- Figur 6 die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 6  
5 Abstandsmessungen unter Verwendung dreier Objektpunkt-  
Abstände gem. Variante IIb).
- Figur 7 zeigt die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 9  
Raumwinkelmessungen gem. Variante IIa).
- Figur 8 die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 6  
10 Raumwinkelmessungen unter Verwendung dreier  
Objektpunkt-Abstände gem. Variante IIb).
- Figur 9 Direkte Messung zwischen zwei Maschineneinheiten
- Figur 10 Vermessung zweier Maschineneinheiten vom  
Maschinenständer
- 15 aus über eine Basis
- Figur 11 Vermessung zweier Maschineneinheiten vom  
Maschinenständer
- aus über zwei Basen
- Figur 12 Vermessung zweier Maschineneinheiten von einer  
20 hallenfesten
- Basis aus
- Figur 13 Direkte Vermessung eines Maschinenständers
- Soll über die Positionsbestimmungen hinaus auch die Orientierung des
- 25 Meßobjekts um eine bis drei Koordinatenachsen bestimmt werden, gibt es  
prinzipiell zwei Varianten.
- I) Man verwendet Orientierungs-Sensoren gemäß der ersten der o.g.  
Sensorklassen, d.h., man mißt die Orientierungen direkt.



II) Man bestimmt die Positionen weiterer Punkte des Objekt-Koordinatensystems („Objektpunkte“) gemäß den o.g. Möglichkeiten und damit die Orientierung des Objekt-Koordinatensystems selbst.

- 5     Zur Möglichkeit nach II) ist zu bemerken, daß sich aus zwei bekannten Objektpunkten bereits die Orientierung um zwei Koordinatensystem-Achsen bestimmen lassen. Zur Bestimmung von drei Orientierungen werden dann die Positionen dreier Objektpunkte benötigt.
- 10    Stehen zur Positionsbestimmung der zusätzlichen Objektpunkte Informationen über den Abstand / die Abstände / Winkel und Abstände der Objekt-Punkte untereinander zur Verfügung, reduziert sich die Anzahl der benötigten Sensoren um einen (bei Bestimmung eines zusätzlichen Objektpunktes bei einem berücksichtigten Abstand) bzw. um bis zu drei
- 15    (bei Bestimmung zweier zusätzlicher Objektpunkte bei drei berücksichtigten Abständen oder Winkeln). Die Zahlen entsprechen andererseits genau der Anzahl notwendiger Sensoren die notwendig ist, um z.B. bei vorhandener thermischer Drift diese Objektpunkt-Abstände zu überwachen. Für die Variante II) ergeben sich damit die folgenden
- 20    Untervarianten:

IIa) Positionsbestimmung weiterer Objektpunkte lediglich unter Verwendung der Punkt-zu-Punkt Beziehungen zwischen Basis- und Objektpunkten.

- 25    IIb) Positionsbestimmung weiterer Objektpunkte unter Einbeziehung der Punkt-zu-Punkt Beziehungen der Objektpunkte untereinander.

Bei der Variante IIb) sind i.A. größere Einschränkungen im Anwendungsraum notwendig als bei IIa), da in diesen Fällen die

30    mehrfachen Lösungen der i.d.R. nichtlinearen Gleichungssysteme näher

beieinander liegen oder da wegen der Nähe von Singularitäten nur ungenaue Positionsbestimmungen möglich sind.

5 Zur vollständigen Bestimmung von Lage und Orientierung eines Meßobjektes gemäß der Varianten IIa) und IIb) sollen von den vielfältigen Möglichkeiten jeweils zwei typische Beispiele angegeben werden und zwar jeweils lediglich unter Verwendung von Abstands- bzw. Winkelsensoren.

10 Nach Figur 5 wird jeder Objektpunkt gem. der Positionsbestimmung nach Variante 1 behandelt.

15 In der linken Abbildung der Figur 6 wird ein Objektpunkt (hier: der im Ursprung des ( . )'- bzw. Objekt-Koordinatensystems gelegene) gem. der Positionsbestimmung nach Variante 1 behandelt. Unter Verwendung der Objektpunkt-Abstände werden für die weiteren Punkte nur 2 bzw. 1 Abstandsmessung(en) benötigt. In der rechten Abbildung der Figur 6 werden pro Objektpunkt zwei Abstandsmessungen ausgewertet, ähnlich der Aktor-Anordnung bei vielen Hexapod-Maschinen.

20 Nach Figur 7 wird jeder Objektpunkt gem. der Positionsbestimmung nach Variante 4 behandelt.

25 Nach Figur 8 wird ein Objektpunkt (hier: der im Ursprung des ( . )'- bzw. Objekt-Koordinatensystems gelegene) gem. der Positionsbestimmung nach Variante 4 behandelt. Unter Verwendung der Objektpunkt-Abstände werden für die weiteren Punkte nur 2 bzw. 1 Raumwinkelmessung(en) benötigt.

30 Bis zu dieser Stelle wurde die Bestimmung von relativer Lage und / oder Orientierung zweier Koordinatensysteme zueinander auf verschiedene Weisen betrachtet. Bei Meßaufgaben im Bereich der Werkzeug- und

- Meßmaschinen sowie der Handlingseinrichtungen lassen sich diese Methoden unterschiedlich anwenden, wobei stets Lage und / oder Orientierung zwischen mindestens zwei zusammenwirkenden Maschineneinheiten, also z.B. zwischen einer Arbeitsspindel und einem Werkstücktisch zu bestimmen ist. Die unterschiedlichen Anwendungsformen unterscheiden sich darin, wie die verschiedenen Koordinatensysteme mit den Maschineneinheiten verknüpft sind. Eine Übersicht verschafft Tabelle 3.
- Für die Anwendungsformen nach Tabelle 3, Zeilen 1 bis 4 werden in Figur 9 bis Figur 12 Beispiele aus dem Werkzeugmaschinenbau angegeben.
- Einen Überblick über die möglichen Sensortypen einschließlich der jeweiligen geometrischen Zusammenhänge zur Positionsbestimmung gibt die Tabelle 1. Die zeichnerischen Symbole sind für die Beschreibungen verschiedener Meßverfahren vorgesehen.
- Weitere zur Darstellung der verschiedenen Meßverfahren benutzte Symbole sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.
- Beispielsweise für den Fall einer einfachen Positionsbestimmung im Raum mittels Abstands- und/oder Winkelmessungen (Sensoren aus der zweiten der o.g. Klassen) gibt es prinzipiell vier verschiedene Möglichkeiten, die jeweils auf drei Einzelmessungen beruhen. Dabei wird stets die Lage eines Objektpunktes im Koordinatensystem der Meßbasis bestimmt. In den Figuren 1 bis 4 ist jeweils diejenige Möglichkeit dargestellt, die mit der geringsten Anzahl von Basispunkten auskommt.
- Bei den Anwendungsformen gemäß Tabelle 3, Zeilen 2 bis 5 bzw. nach Figur 10 bis Figur 12 handelt es sich um sogenannte „verkettete Messungen“. Sie können z.B. dadurch legitimiert sein, daß mehrere

Maschineneinheiten von einer Meßbasis aus kostengünstig vermessen werden können oder daß man erreicht, daß Messungen außerhalb des Maschinen-Arbeitsraumes und damit weniger fehleranfällig durchgeführt werden können. Solche verketteten Messungen werden stets über eine

5 Differenzen-Bildung verknüpft, wobei jeweils gleiche oder gleichwertige Meßprinzipien auf beide einbezogenen Teilmessungen anzuwenden sind. Werden verschiedene Meßprinzipien für die zwei Teilmessungen angewandt, kann die Differenzen-Bildung nur in der Schnittmenge der ausgewerteten Freiheitsgrade (betrachtet im gleichen Koordinatensystem)

10 erfolgen.

**Beispiele:**

- Mit der Verkettung von reiner Positions- sowie einer Positions- und Orientierungsmessung kann über die Differenzen-Bildung nur eine

15 Positionsbestimmung durchgeführt werden.

- Eine Differenzen-Bildung aus zwei Orientierungs-Messungen um je zwei Drehachsen läßt sich nur dann durchführen, wenn die beiden Drehachsen jeweils den gleichen Unterraum (in demselben Koordinatensystem betrachtet) aufspannen, wenn sie also in derselben

20 Ebene liegen. Beide Einzelmessungen beinhalten dann Informationen über die gleichen Dreh-Freiheitsgrade.

Verkettete Messungen bedeuten eine Abkehr vom bzw. eine Erweiterung des eigentlichen Prinzips paralleler Sensorik, da hier die parallel-

25 sensorischen Einzelmessungen seriell angewandt werden. Die möglichen Vorteile sind deshalb stets gegen die damit verbundenen Einbußen an Meßgenauigkeit abzuwägen.

Im Bereich der Werkzeug- und Meßmaschinen sowie der

30 Handlungseinrichtungen sind weitere Anwendungsformen parallel-sensorischer Lage- und Orientierungsmessung denkbar. So können

- beispielsweise die Achsbewegungen der Maschineneinheiten einer Werkzeugmaschine wie bisher üblich konventionell, d.h. direkt und seriell gemessen werden. Über eines der erfindungsgemäßen Meßverfahren lassen sich dann z.B. direkt, wie in Figur 13 dargestellt oder auch über
- 5 eine hallenfeste Meßbasis, die Verformungen des Maschinenständers zur Durchführung einer Kompensation ermitteln.

- Die Bezeichnungen in den Figuren 9 bis 13 bedeuten folgendes: 1 - Maschinenständer, 2 - Maschineneinheit, 3 - hallenfeste Meßbasis, der
- 10 Doppelpfeil bezeichnet eine allgemeine nicht näher bestimmte Messung (Meßbasis - Meßobjekt - Relation).







Typ d. Sensors	Sensor identifiziert Zugehörigkeit des Objektpunktes zu ...	Symbol
Abstand Basispunkt-Objektpunkt	Oberfläche einer Kugel um Basispunkt	
(Raum-)Winkel des Meßstrahls um 1 (angegebene) Drehachse	Halbebene durch Basispunkt	
(Raum-)Winkel des Meßstrahls um 2 (angegebene) Drehachsen	Halbgerade durch Basispunkt (Schnittmenge zweier Halbebenen)	
Abstand Basispunkt-Objektpunkt und (Raum-)Winkel des Meßstrahls um 1 Drehachse	Halbkreis auf Halbebene um/durch Basispunkt (Schnittmenge von Kugel und Halbebene)	
Abstand Basispunkt-Objektpunkt und (Raum-)Winkel des Meßstrahls um 2 Drehachsen	Punkt - eindeutig (Schnittmenge von Halbgerade und Kugel um/durch Basispunkt)	
Orientierung des Meßobjektes um 1 bis 3 (angegebene) Drehachsen		

Tabelle 1






Sachverhalt	Symbol
Basispunkt	
Objektpunkt	
Messung allgemein unter Auswertung der angegebenen Freiheitsgrade	
Achse eines an der Meßbasis befestigten Koordinatensystems	
Achse eines mit dem Meßobjekt bewegten Koordinatensystems	

Tabelle 2

-13-

Nr.	Beschreibung	Haile (z.B. Dach)	Maschinen- Ständer	Maschinen- Einheit 1	Maschinen- Einheit 2	Bemerkung
1	Direkte Messung zwischen zwei Maschineneinheiten	-	-	Basis 1	Objekt 1	Prinzipiell genaueste Variante, aber problematisch da meist im Arbeitsraum
2	Vermessung zweier Maschineneinheiten vom Maschinenstän- der aus über eine Basis	-	Basis 1	Objekt 1	Objekt 2	
3	Vermessung zweier Maschineneinheiten vom Maschinenstän- der aus über zwei Basen	-	Basis 1 + Basis 2	Objekt 1 von Basis 1	Objekt 1 von Basis 2	Kurze Meßstrecken, berücksichtigt aber (z.B. thermische) Verformung des Maschinenstanders ohne zusätzliche Messung nicht
4	Vermessung zweier Maschineneinheiten von einer hallenfesten Basis aus	Basis 1		Objekt 1	Objekt 2	Meist lange Meßstrecken, d.h. fehleranfällig. Für Raumwinkel- Sensoren eher ungeeignet.
5	Vermessung zweier Maschineneinheiten von zwei hallenfesten Basen aus	Basis 1 + Basis 2		Objekt 1 von Basis 1	Objekt 1 von Basis 2	Lange Meßstrecken. Berücksichtigt Verschiebungen der Meßbasen gegeneinander ohne zusätzliche Messung nicht

Tabelle 3

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Messung von Lage und/oder Orientierung  
zusammenwirkender Maschineneinheiten an Meßmaschinen,  
5 Handlingseinrichtungen oder insbesondere Werkzeugen, Spindeln  
und Werkstücken an Werkzeugmaschinen, wobei mindestens eine  
Maschineneinheit relativ zu einer anderen bewegbar ist und  
gegebenenfalls Positionen der Maschineneinheiten korrigiert  
werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei jeder Maschineneinheit  
10 mittels Sensoren, die mindestens zwei der Größen Abstand,  
Raumwinkel, Orientierung oder eine ihrer Änderungsgrößen messen,  
gleichzeitig oder im wesentlichen gleichzeitig, kontinuierlich oder in  
möglichst kurzen regelmäßigen Abständen, unabhängig von den  
Antriebsachsen der Maschineneinheiten und ohne die Sensoren  
15 oder die Maschineneinheiten in eine spezielle Meßposition zu  
verfahren, die ebene oder räumliche Lage und/oder Orientierung der  
Maschineneinheiten zueinander oder der Maschineneinheiten zu  
einem gemeinsamen Bezugssystem oder der Maschineneinheiten zu  
verschiedenen Bezugssystemen gemessen wird.  
20
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach  
Messung der ebenen oder räumlichen Lage und/oder Orientierung  
der Maschineneinheiten zu einem gemeinsamen Bezugssystem  
anschließend die Lage und/oder Orientierung der  
25 Maschineneinheiten zueinander bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß  
nach Messung der ebenen oder räumlichen Lage und/oder  
Orientierung der Maschineneinheiten zu verschiedenen  
30 Bezugssystemen und nach Messung oder Bestimmung der Lage  
und/oder Orientierung der Bezugssysteme zueinander die Lage



und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zueinander bestimmt wird.

- 5     4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sensoren berührungslos messen.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens einer der Sensoren den  
10     Abstand zwischen einem Punkt einer Meßbasis und einem Punkt der Maschineneinheit mißt.
6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens einer der Sensoren den  
15     Raumwinkel des Meßstrahles zwischen einem Punkt der Meßbasis und einem Punkt der Maschineneinheit um mindestens eine Achse des Bezugssystems mißt.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens einer der Sensoren die  
20     Verdrehung der Maschineneinheit (Orientierung) um mindestens eine der Achsen des Bezugssystems mißt.
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Verwendung mehrerer  
25     Meßpunkte an der Maschineneinheit oder an der Meßbasis die Abstände der Punkte untereinander bekannt sind oder gemessen werden.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstandssensor ein Laser-  
Interferometer ist.
- 5 10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der Orientierungs-Sensor ein  
Ringlaser oder ein Kreisel ist.
- 10 11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens  
einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,  
daß die Sensoren an den Maschineneinheiten selbst an mindestens  
einem Punkt des Maschinengestells befestigten Koordinatensystems  
oder an Gegenständen in der Umgebung als Hallen feste Meßbasis  
angeordnet sind.

1/5

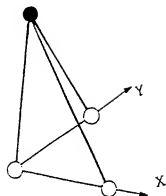


Fig. 1

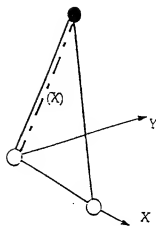


Fig. 2

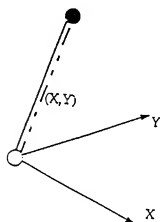


Fig. 3

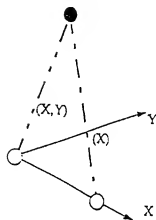


Fig. 4

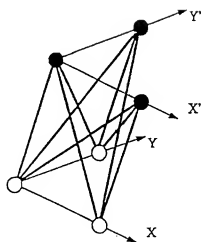


Fig. 5

2/5

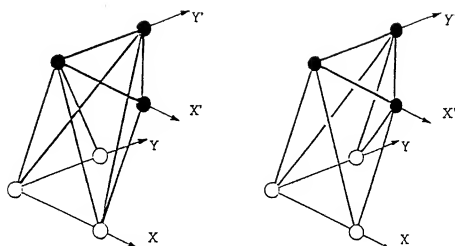


Fig. 6

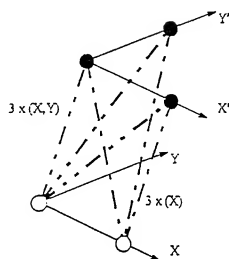


Fig. 7

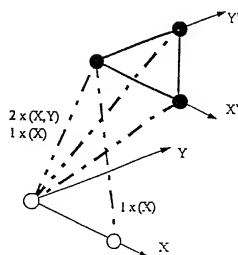


Fig. 8

3/5

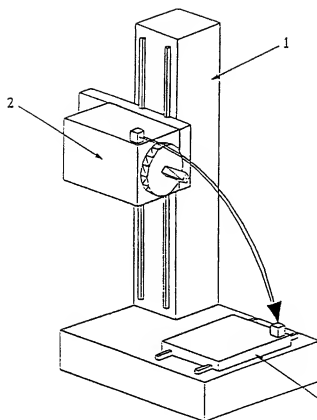


Fig. 9

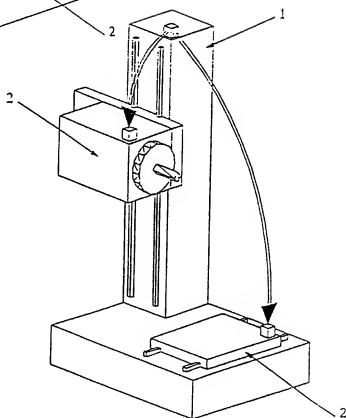


Fig. 10

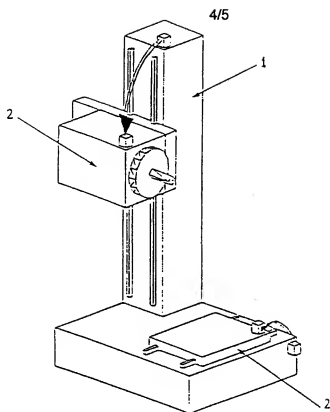


Fig. 11

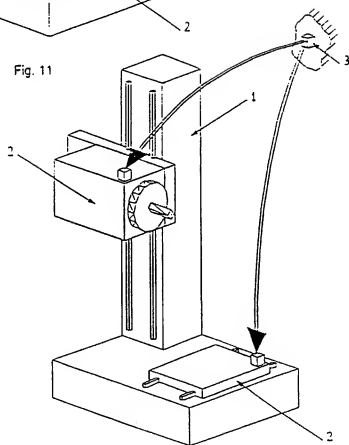


Fig. 12

5/5

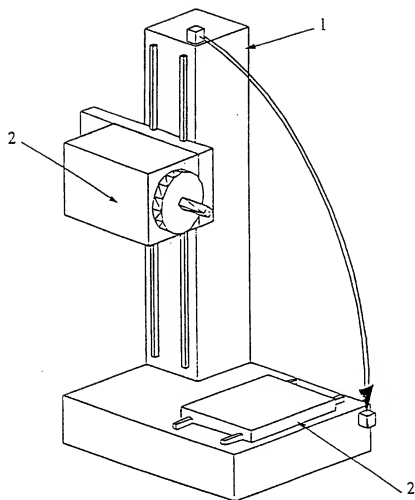


Fig. 13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 6 G05B19/404		Int. Appl. No. PCT/EP 98/06734
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G05B B23Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 621 926 A (MERRY ET AL) 11 November 1986 see column 7, line 47 - line 68; figure 7	1,2,4-9, 11
X	EP 0 737 844 A (CANON K.K.) 16 October 1996 see abstract	1,2,4,8, 9,11
X	GB 2 310 150 A (WESTERN ATLAS UK LTD.) 20 August 1997 see page 6, line 7 - line 17; figure 1 see page 13, line 2 - line 11	1,2,4,8
X	GB 2 255 636 A (CRANFIELD PRECISION ENGINEERING LIMITED) 11 November 1992 see abstract	1,3-5,8, 9,11
--- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "C" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "S" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search  11 March 1999		Date of mailing of the international search report  17/03/1999
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentstein 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-2016		Authorized officer  Carmichael, Guy



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No  
PCT/EP 98/06734

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 126 388 A (HITACHI LTD.) 28 November 1984 see page 5, line 3 - line 5; figure 1	1,3-5,8, 9,11
X	EP 0 618 520 A (MIKRON S.P.A. BOLOGNA) 5 October 1994 see column 5, line 32 - line 46; figure 1	1,3-5,8, 11
X	US 4 676 649 A (PHILLIPS) 30 June 1987  see column 3, line 36 - column 4, line 2	1,3,4,8, 9
A	EP 0 599 020 A (MITSUBISHI DENKI K.K.) 1 June 1994 see abstract	1
A	DE 40 28 006 A (MESSERSCHMITT-BOLKÖW-BLOHM GMBH) 5 March 1992	
P, X	WO 97 46925 A (THE BOEING COMPANY) 11 December 1997 see page 7, line 13 - line 21 see page 8, line 3 - line 15	1,2,4-9, 11
P, X	DE 197 11 500 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 24 September 1998 see the whole document	1,2,4-8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. :ional Application No

PCT/EP 98/06734

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4621926 A	11-11-1986	NONE	
EP 737844 A	16-10-1996	JP 8286758 A	01-11-1996
GB 2310150 A	20-08-1997	EP 0886811 A WO 9730381 A	30-12-1998 21-08-1997
GB 2255636 A	11-11-1992	GB 2256606 A	16-12-1992
EP 126388 A	28-11-1984	JP 59208613 A JP 1768792 C JP 4045292 B JP 60114445 A	27-11-1984 30-06-1993 24-07-1992 20-06-1985
EP 618520 A	05-10-1994	IT 1264104 B	10-09-1996
US 4676649 A	30-06-1987	EP 0230540 A JP 62152633 A	05-08-1987 07-07-1987
EP 599020 A	01-06-1994	JP 2822809 B JP 6113579 A DE 69319405 D US 5432422 A	11-11-1998 22-04-1994 06-08-1998 11-07-1995
DE 4028006 A	05-03-1992	NONE	
WO 9746925 A	11-12-1997	AU 3294197 A CA 2252754 A	05-01-1998 11-12-1997
DE 19711500 A	24-09-1998	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In ditionales Aktenzeichen  
PCT/EP 98/06734

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 G05B19/404

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikations symbole)  
IPK 6 G05B B23Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörendes Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 621 926 A (MERRY ET AL) 11. November 1986 siehe Spalte 7, Zeile 47 - Zeile 68; Abbildung 7	1,2,4-9, 11
X	EP 0 737 844 A (CANON K.K.) 16. Oktober 1996 siehe Zusammenfassung	1,2,4,8, 9,11
X	GB 2 310 150 A (WESTERN ATLAS UK LTD.) 20. August 1997 siehe Seite 6, Zeile 7 - Zeile 17; Abbildung 1 siehe Seite 13, Zeile 2 - Zeile 11	1,2,4,8
X	GB 2 255 636 A (CRANFIELD PRECISION ENGINEERING LIMITED) 11. November 1992 siehe Zusammenfassung	1,3-5,8, 9,11
-/-		



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeliefert)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipie oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindungsfähiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindungsfähiger Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. März 1999

Abmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

17/03/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäische Patentamt, P.B. 5818 Patentamt 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nt,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Carmichael, Guy

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

 In zitionales Aktenzeichen  
 PCT/EP 98/06734

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beiz. Anspruch Nr.
X	EP 0 126 388 A (HITACHI LTD.) 28. November 1984 siehe Seite 5, Zeile 3 - Zeile 5; Abbildung 1 -----	1,3-5,8, 9,11
X	EP 0 618 520 A (MIKRON S.P.A. BOLOGNA) 5. Oktober 1994 siehe Spalte 5, Zeile 32 - Zeile 46; Abbildung 1 -----	1,3-5,8, 11
X	US 4 676 649 A (PHILLIPS) 30. Juni 1987  siehe Spalte 3, Zeile 36 - Spalte 4, Zeile 2 -----	1,3,4,8, 9
A	EP 0 599 020 A (MITSUBISHI DENKI K.K.) 1. Juni 1994 siehe Zusammenfassung -----	1
A	DE 40 28 006 A (MESSERSCHMITT-BOLKÖW-BLOHM GMBH) 5. März 1992 -----	
P,X	WO 97 46925 A (THE BOEING COMPANY) 11. Dezember 1997 siehe Seite 7, Zeile 13 - Zeile 21 siehe Seite 8, Zeile 3 - Zeile 15 -----	1,2,4-9, 11
P,X	DE 197 11 500 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 24. September 1998 siehe das ganze Dokument -----	1,2,4-8

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 98/06734

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4621926 A	11-11-1986	KEINE	
EP 737844 A	16-10-1996	JP 8286758 A	01-11-1996
GB 2310150 A	20-08-1997	EP 0886811 A	30-12-1998
		WO 9730381 A	21-08-1997
GB 2255636 A	11-11-1992	GB 2256606 A	16-12-1992
EP 126388 A	28-11-1984	JP 59208613 A	27-11-1984
		JP 1768792 C	30-06-1993
		JP 4045292 B	24-07-1992
		JP 60114445 A	20-06-1985
EP 618520 A	05-10-1994	IT 1264104 B	10-09-1996
US 4676649 A	30-06-1987	EP 0230540 A	05-08-1987
		JP 62152633 A	07-07-1987
EP 599020 A	01-06-1994	JP 2822809 B	11-11-1998
		JP 6113579 A	22-04-1994
		DE 69319405 D	06-08-1998
		US 5432422 A	11-07-1995
DE 4028006 A	05-03-1992	KEINE	
WO 9746925 A	11-12-1997	AU 3294197 A	05-01-1998
		CA 2252754 A	11-12-1997
DE 19711500 A	24-09-1998	KEINE	

# METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE POSITION AND/OR ORIENTATION OF INTERACTING MACHINE UNITS

**Publication number:** WO9928797 (A1)

**Publication date:** 1999-06-10

**Inventor(s):** HORN WOLFGANG [DE]; REIBETANZ THOMAS [DE]; SCHMID MARTIN [DE]; STENGELE GERALD [DE]

**Applicant(s):** HUELER HILLE GMBH [DE]; HORN WOLFGANG [DE]; REIBETANZ THOMAS [DE]; SCHMID MARTIN [DE]; STENGELE GERALD [DE]

**Classification:**

- **International:** G01B11/03; G01B11/14; G05B19/404; G01B11/03; G01B11/14; G05B19/404; (IPC1-7) G05B19/404

- **European:** G01B11/14; G05B19/404

**Application number:** WO1998EP06734 19981023

**Priority number(s):** DE19971052290 19971126

**Also published as:**

DE19752290 (A1)  
EP1034462 (A1)  
EP1034462 (B1)  
CA2311525 (A1)  
AT226673 (T)

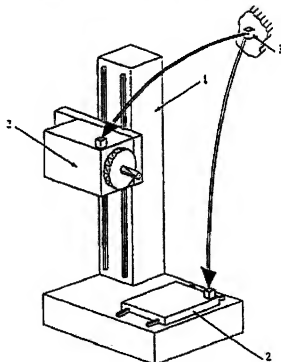
**Cited documents:**

US4621926 (A)  
EP0737644 (A2)  
GB2310150 (A)  
GB2256636 (A)  
EP0126388 (A1)

[more >>](#)

## Abstract of WO 9928797 (A1)

The invention relates to a method for measuring the position and/or orientation of interacting machine units in measuring machines, handling devices or especially tools, spindles and workpieces in machine tools. At least one machine unit can move in relation to another and at least the positions of the machine units can be corrected. The invention is characterised in that each machine unit comprises sensors which measure at least two variables (distance, angle, orientation) or a variation thereof, and the planar or spatial position and/or orientation of said machine units in relation to each other or in relation to a common reference system or different reference systems is measured simultaneously or substantially simultaneously, continuously or at regular intervals that are as short as possible, independently of the drive axes of said machine units and without placing the sensors or machine units in a special measuring position.





## Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

Method and apparatus to the measurement of layer and/or

Orientation cooperative machine units description: The invention refers to a method and an apparatus to the measurement of layer and/or orientation cooperative machine units in accordance with preamble of the claims 1 and 9.

Bottom machine units do not become subsequent only with machine tools the tools and workpieces with their corresponding mounting plates. In particular work spindles and tool tools understood. It can do itself also general around operation units, z. B. also around Handlings-und measuring units act, their layer and/or orientation compared with a second unit, z. B. to one assembly which can be worked on, exact measured will must.

With the determination of layer and/or orientation of a body ("Mef3objekt") with respect to the plane or in the space the subsequent actual known measuring tasks can be differentiated: Measurements in the plane: - Position in the plane (z. B. X/Y in the cartesian coordinate system) - orientation in the plane around an axis of rotation - position and orientation in the plane.

Measurements in the space: - Position in the space (z. B. X/Y/Z in the cartesian coordinate system) - orientation in the space around 1 to 3 axes of rotation - Position and orientation in the space around 1 to 3 axes of rotation.

With a machine tool it belongs to z. B. to the state of the art that the movements of the tool holder with the tool in x, Y-and Z direction by serial Wegmeßsysteme z. B. by yardsticks detected become. In similar manner also the movement of the workpiece holder with on it or to it fixed workpiece the detected and controlled can become. Known one is it also to seize and regulate rotations of machine units over angle measuring instruments. With these prior art systems the problem exists that thermal, static or dynamic influences do not become only partial detected on the machine structure or and it can come to that extent to errors with the measurement and processing of the workpieces.

▲ top

From the DE 34 45 254 A1 an adjusting device is for next to each other arranged and known, whereby for the detection of the distance of the single machining units. In mutual distance uniaxial movable machining units, steady distance measuring instrument arranged working after the triangulation measurement principle beside the units serves. Here are in their practical parallel light beam selective reflectors of the single machining units of imitable and the point of impact the same angle of incidence hitting Lichtstrahlen bottom on all reflectors become from a Mefoptik imaged. The layer of the imaged point of impact is thereby a measure for the distance and is for the displacement of the machining unit into the desired position used to become. This Mess-und adjustment system detected however only changes of situation in a direction.

The invention is the basis the object to suggest a gattungsgemätes method with that in a simple manner a measurement that Layer and/or orientation cooperative machine units made, so that thermal, static or dynamic influences are erf#1 completely or partly on the machine structure, in particular deformations to purposes of a compensation and without the conventional Mefmethoden be done to a large extent can.

The solution of this object is in the claims 1 and 9 indicated.

The Unteransprüche 2 to 8 as well as 10 and 11 contain meaningful complementary suggestions.

With the invention process different sensors in different combinations can become applied. Important one is here however that the sensors parallel work and independent of the drive shafts of the machine units continuous measure or in as short a distances as possible regelm#1ig, muddled without thereby the sensors and/or the machine units in a particular measurement position to leisure. The sensors measure thereby at least two the large distance, solid angle, orientation or one their #1nderungsgr#1en. Among the #1nderungsgr#1en thereby the acceleration can rank to the example. Provided ones are thus essentially geometric or kinematic sensors, not meant are for the example at different locations of a machine stand mounted temperature sensors, with which temperature changes and thus indirect also length variations measured anneal-atue-conditional in limited Ma#1e to become to be able.

Preferably as far as possible according to invention contactless measuring sensors become used. The different erf#1dungsgem#1en measuring variants are in the Unteransprüchen more near described.

The sensors in connection with the type of their mounting and/or. Effect can be divided into two classes.

In the first class they or changes of these coordinates evaluate direct coordinates concerning the used reference systems.

Among them first the classic Mef3systeme (Langen-und of Winkelme#1ssysteme) falls as well as contactless measurement systems, like z. B.

Laser Interferometer, if ensured is that the degree of freedom which can be measured in the viewed cartesian coordinate system always is with the Mefachse identical. Also so-called. Tragheitsme (3systeme belong into this class. If the viewed cartesian coordinate system an inertial system is, these register the changes in the coordinate axes direct. A translational inertia measuring system is z. B. an acceleration adaptor, rotatorische inertia measuring systems are z. B. Gyro or ring laser.

With members of the second sensor effect class will the characteristics of point point relationships between points, their layer in the used reference system known is or measured will (= points of the measuring basis) as well as points, their layer in a coordinate system known moved with the measuring object is or measured becomes (= object points) evaluated. Souche characteristics of point point relationships are z. B. Distances between the two points as well as that or the solid angles of the joint line between the two points (#Me#strahlen ") in the used reference system. To the determination of distances z come. B. Laser interferometer in considerations, to the determination of solid angles of corresponding apparatuses.

With the measurement of layer and/or orientation of a measuring object in the Ebene/im space effect class usually several sensors of simultaneous evaluated, over from the entirety all measurements, partly including already known informations the respective arrangement the different of the sensors and points, the desired position become and if necessary with sensors from the second

sensor. To determine orientation. The circumstance that the measurements of the single sensors from second of the o. g.

Sensor classes not with that to measuring of movements agree, but from the entirety of the measurements all interesting data calculated will, becomes as "parallel acting sensors" referred. In the range of the Hexapod machines the layer and orientation of work platforms become certain on the basis of six distance measurements, not coinciding with the coordinate axes of a reference system, whereby the degrees of freedom measured by the sensors always coincide with the drive shafts of the machines. The application of such Meßprinzipien independent of the machine axes, z. B. with contactless sensors, against it a new fact represents in the range of mechanical engineering.

The invention becomes on the basis the accompanying tables 1 to 3 and the figs 1 to 13 for example close explained. Show: Table 1 sensor types table of 2 symbols for other sensor types table 3 embodiments of parallel measurement principles fig 1 position determination from 3 distance measurements fig 2 position determination from 2 Abstands-und 1

Solid angle measurement fig 3 position determination from 1 Abstands-und 2

Solid angle measurements fig 4 position determination from 3 solid angle measurements ("Triangulation") fig 5 the determination of layer and orientation from 9

Distance measurements in accordance with. Variant IIa).

Fig 6 the determination of layer and orientation from 6

Distance measurements using three object point of distances in accordance with. Variant praise).

Fig 7 shows the determination of layer and orientation from 9

Solid angle measurements in accordance with. Variant IIa).

Fig 8 the determination of layer and orientation from 6

Solid angle measurements using three distances of point of object in accordance with. Variant praise).

Fig 9 direct measurement between two machine units Figure 10 measurement of two machine units of the machine stand from rather a basis fig 11 measurement of two machine units from the machine stand more tuber two bases fig 12 measurement of two machine units of a resound-fixed

Basis from fig 13 direct measurement of a machine stand target the position determinations outside also the orientation of the Meßobjekts around to three coordinate axes a certain, give it two in principle variants become more tuber.

I) One used orientation sensors gemä first of the o. g.

Sensor classes, D. h., one measures the orientations direct.

II) One the certain positions of other points of the object coordinate system (#Objektpunkte \*) gemä the o. g. Possibilities and thus the orientation of the object coordinate system.

To the possibility after 11) it is to be noticed that from two known object points the orientation around two axes can coordinate system be already determined. The determination of three orientations then the positions of three object points become required.

Stand to the position determination of the zusätzlichen object points Informations over the distance/the distances/angles and distances of the object points among themselves for order, reduced the number for that need themselves sensors around one (with determination of an additional point of object with a considered distance) and/or. around up to three (with determination of two additional object points with three considered distances or angles). The numbers correspond on the other hand to the accurate number of necessary sensors the necessary are, around z. B. to supervise during present thermal drift these distances of point of object. For the variant II) thereby the subsequent bottom variants result: IIa) position determination of other object points only using the point point relationships between Basis-und object points.

IIb) position determination of other object points including the point point relationships of the object points among themselves.

With the variant IIb) are I. A. larger limitations in the application area necessary than there with IIa), in these cases the multiple solutions I. D. R. nonlinear sets of equations details together lie or because of the N, he position determinations possible only inaccurate of singularities are there.

The complete determination of layer and orientation of a measuring object in accordance with the variants IIa) and IIb) in each case two typical examples are to become indicated only in each case using Abstands-bzw by the various possibilities.

Angle sensors.

After fig 5 each object point becomes in accordance with. the position determination after variant 1 treated.

In the left mapping of the fig 6 an object point becomes (here: in the origin (.)'- and/or Object coordinate system convenient) in accordance with. the position determination after variant 1 treated. Using the distances of point of object only 2 becomes and/or for the other points. 1 distance measurement (EN) required. In the right mapping of the fig 6 two distance measurements evaluated, the similar become actuator arrangement with many Hexapod machines per object point.

After fig 7 each object point becomes in accordance with. the position determination after variant 4 treated.

After fig 8 an object point becomes (here: in the origin (.)'- and/or

Object coordinate system convenient) in accordance with. the position determination after variant 4 treated. Using the distances of point of object for the other points become only 2 and/or. 1 solid angle measurement (EN) required.

Up to this location the determination of relative position and/or orientation of two coordinate systems became to each other viewed on many ways. With measuring tasks in the range Werkzeug-und measuring machines as well as the handling devices these methods different can be used, whereby always layer and/or orientation between at least two cooperative machine units, thus z. B. between a work spindle and a workplace to determine is. The different embodiments differ in how the different coordinate systems with the machine units are linked. A Tabelle3, Übersicht verschafft for the embodiments after table 3, lines 1 to 4 9 to fig 12 examples become from the Werkzeugmaschinenbau indicated in fig.

An overview over the possible sensor types including the respective geometric connections to the position determination the table gives to 1. The graphic symbols are provided for the descriptions of different Meßverfahren.

Other symbols used to the representation of the different measuring methods are to be taken out of table 2.

For example for the case of a simple position determination in the space by means of Abstands-und/or angular measurements (sensors from second of the o. g. ) There are classes four in principle different possibilities, which are based in each case on three individual measurings. The layer of one point of object in the coordinate system of the Meßbasis becomes always certain. In the figs 1 to 4 is in each case that possibility shown, which gets along with the smallest number of points of basis.

With the embodiments gemä table 3, lines 2 to 5 and/or. after fig it concerns 10 to fig 12 so called " concatenated measurements " .



They know z. B. by the fact legitimized its that several Machine units by a Mefibasis from inexpensive to be measured can or that one achieved, daß measurements outside of the machine work space and thus less error-prone performed to become to be able. Such concatenated measurements become always more tuber forming differences linked, whereby same in each case or equivalent measurement principles are to be applied to both included partial measurements.

If different measurement principles for the two partial measurements become applied, forming differences can take place only in the Schnittmenge of the evaluated degrees of freedom (viewed in the same coordinate system).

Examples: - With the concatenation of pure Positions-sowie Positions-und Orientation measurement, knows more tuber forming differences only one Position determination performed become.

- Forming differences from two orientation measurements around two axes of rotation each can be accomplished only if the two Axes of rotation in each case the same bottom area (in the same Coordinate system viewed) stretch, if it thus in the same Planar ones lie. Both individual measurings contain then informations more tuber the same turning degrees of freedom.

Concatenated measurements mean a break of and/or. an extension of the actual principle parallel sensor technology, since the parallel-sensory individual measurings become serial applied here. The possible advantages are to be therefore always weighed against the losses at measuring accuracy, connected thereby.

In the range Werkzeug-und measuring machines as well as the handling devices other embodiments parallel-sensory Lage-und orientation measurement are more conceivable. So can for example the oh movements of the machine units of a machine tool as before conventional conventional, D. h. direct and serial measured becomes. More tuber one the erfundungsgemäßen Meßverfahren leave themselves then z. B. direct, as in fig 13 shown or also more tuber a resound-fixed Meßbasis, the deformations of the machine stand to Kompensationsmitteln. Durchführungen der designations in the figs 9 to 13 mean the subsequent: 1 machine stand, 2-Maschineneinheit, 3-hallenfeste Meßbasis, the double arrow a referred general not close certain measurement (Meßbasis-Meßobjekt-Relation).

EMI12.1

<tb>

Type <September> D. <September> Sensor <September> Sensor <September> Identified <September> Zugehörigkeit <September> Symbol

<tb> <September> Type <September> D. <September> Sensor. <September> Point of symbol the object <September> too...

<tb>

Distance <September> Object point of point of basis <September> Oberliche <September> <September> Ball <September> around <September> Point of basis

<tb> (Space) <September> Angle <September> <September> Meßstrahl <September> around <September> 1/

<tb> (indicated) axis of rotation <September> Half plane <September> by <September> Point of basis

<tb> (area) Winkel <September> <September> Meßstrahl <September> around <September> 2 <September> Half-straight

<September> by <September> Point of basis

<tb> (indicated) <September> Axes of rotation <September> (Schnittmenge <September> two <September> Half planes)/

<September> (X, <SEPTEMBER> Y)

<tb> Distance <September> Basispunkt object point <September> and <September> Semicircle <September> on <September>

Half plane <September> in order/through <September>

<tb> (Space) <September> Angle <September> <September> Meßstrahl <September> around <September> 1 <September>

Basispunkt <September> (Schnittmenge <September> of <September> Ball <September> < <September> (X)

<tb> <September> Drenachse <September> and <September> Half plane)

<tb> Distance <September> Basispunkt Whether, <September> lektpunkt <September> and <September> Point-unique

<September> (Schnittmenge <September> of <September> r

<tb> <September> (Space) <September> Angle <September> <September> Meßstrahl <September> around <September> 2

<September> Halbaerade <September> and <September> Ball <September> umldurc/7

<tb> <September> Axes of rotation <September> Point of basis)

<tb> <September> Orientation <September> <September> Meßobjektes <September> around <September> 1

<tb> <September> to <September> 3 <September> (indicated) <September> Axes of rotation

<tb> Tabelle 1

EMI12.2

<tb> <September> Circumstances <September> Symbol

<tb> <September> Point of basis <September> C

<tb> <September> Object point <September> k

<tb> X <SEPTEMBER> Measurement <September> general <September> bottom <September> Evaluation

<tb> <September> indicated <September> Degrees of freedom <September> (X)

<tb> Axis <September> one <September> on <September> <September> Mefibasis

<tb> fixed <September> Coordinate system <September> X

<tb> Axis <September> one <September> with <September> <September> Mefibasis

<tb> moved coordinate system

<tb>

Tabelle 2

EMI13.1

<tb> <September> Halle <September> Machine <September> Machine <September> Machines No. <September> Description

<September> Remark

<tb> <September> StänderEinheit1Einheit2 (e.g. roof) <September>

<tb> <September> Measurement--Basis1Objekt1Prizipuellgenaueste1Direkte <September>

<tb> <September> zu, <September> viscien <September> two <September> Variante, <September> but

<tb> <September> daMaschineneinheitenproblematisch <September>

<tb> <September> usually <September> in <September> Work space

<tb> zweier-Basis1Objekt1Objekt22Vermessung <September>

<tb> <September> Machine units

<tb> <September> vomMaschinenstän

<tb> <September> <September> from <September> tuber <September> one

<tb> <September> Basis

<tb> <September> - Basis1+Objekt1Objekt1KurzeMe#strecken, measurement two <September>  
 <tb> <September> 2 von von berücksichtigter Maschineneinheiten Basis <September>  
 <tb> <September> Basis1 Basis2 (e.g. thermische) vom Maschinenstand <September>  
 <tb> <September> <September> from <September> tuber <September> two <September> Verformung <September> aes  
 <tb> <September> Cousin machine stand  
 <tb> <September> cne <September> additional  
 <tb> <September> Measurement not  
 <tb> <September> 4 <September> Measurement <September> two <September> Basis <September> 1 <September> Object  
 <September> 1 <September> Object <September> 2 <September> Usually <September> prolonged  
 <tb> <September> Maschineneinheiten <September> MeBstrecken, <September> D. <September> h.  
 <tb> <September> of <September> <September> resound-fixed <September> fenieranfällig, <September> For  
 <tb> <September> Basis <September> from <September> Solid angle <September> Sens <September> ;;; <September> more  
 reneher  
 <tb> <September> improper.  
 <tb>

<September> Basis1+Objekt1Objekt1LangeMe#strecken.Vermessungzweier <September>  
 <tb> <September> Machine units <September> Basis2 <September> of <September> of <September> Considered one  
 <tb> <September> of <September> two <September> resound-fixed <September> Basis <September> 1 <September> Basis  
 <September> 2 <September> Displacements <September> that  
 <tb> <September> Bases <September> from <September> Nie3basen  
 <tb> <September> gegeneinander ohne  
 <tb> <September> additional <September> Messung  
 <tb> <September> nicht  
 <tb>

Table 3



## Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

Patentsansprüche: 1. Method to the measurement of layer and/or orientation cooperative machine units at measuring machines, Handling devices or in particular tools, spindles and workpieces at machine tools, whereby at least one Machine unit relative to another is more movable and positions of the machine units corrected becomes if necessary, thus characterized, daß with each machine unit by means of sensor, those at least two the large distance, Solid angles, orientation or one their change-large measure, simultaneous or essentially simultaneous, continuous or in as short regelmässigen a distances as possible, independent of that Drive shaft of the machine units and without the sensors or the machine units into a particular ME to proceed (3position, the planar or spatial layer and/or orientation that Machine units to each other or the machine units a common reference system or the machine units different reference systems measured becomes.

2. Process according to claim 1, characterised in that after Measurement of the planar or spatial layer and/or orientation of the machine units to a common reference system anschliessend the layer and/or orientation that Machine units to each other certain becomes.

3. Process according to claim 1 or 2, characterized, daß after measurement of the planar or spatial layer, thus, and/or Orientation of the machine units to different Reference systems and after measurement or determination of the layer and/or orientation of the reference systems the layer and/or orientation of the machine units to each other to each other certain becomes.

4. Process according to claim 1, characterised in that those Sensors contactless measure.

5. Methods after at least one preceding claims, thereby characterized, dent at least one of the sensors that Distance between a point of a Mefibasis and a point that Machine unit mif3t.

6. Methods after at least one of the preceding claims, thereby characterized, dent at least one of the sensors that Solid angle of the measuring beam between a point of the Mefibasis and a point of the machine unit around at least an axis of the reference system millet.

7. Method after at least one of the preceding claims, characterised in that at least one of the sensors those Twist of the machine unit (orientation) around at least one of the axes of the reference system millet.

8. Methods after at least one of the preceding claims, thereby characterized, daß measuring points at the machine unit or to the Mefibasis the distances of the points, several with use, among themselves known are or measured become.

9. Apparatus to the implementing the method according to claim 6, characterised in that the distance sensor a laser Interferometer is.

10. Apparatus to the implementing the method according to claim 7, characterized thus, daß the orientation sensor Ring laser or a gyro is.

11. Apparatus to the implementing the method after at least one of the preceding claims, characterised in that the sensors at the machine units themselves at at least a point of the machine frame of fixed coordinate system or at subject-matters in the environment as resound-fixed measuring basis arranged are.